

MATHEMATICAL MODEL
OF THE POLLUTION IN THE NORTH SEA

This paper not to be cited without prior reference to the author.

Observations sur la reproductibilité des mesures de
respiration du zooplancton au Bassin de chasse
d'Ostende (Spuikom) et en mer
et variabilité dans le comptage de 10 sous-échantillons
de zooplancton.

D.Heyden et R.Moermans
Laboratoire de Biologie Marine (U.Lg.)

M.Bossicart
Laboratorium voor Ekologie en Systematiek (V.U.B.)

INTRODUCTION

L'étude de la respiration du zooplancton est intéressante car elle permet de chiffrer une activité métabolique d'une population globale zooplanctonique à un moment précis.

Comme cette activité est liée à de nombreux paramètres, il est indispensable de déterminer au départ l'intervalle de confiance que l'on peut accorder à la valeur mesurée.

C'est pourquoi nous avons entrepris une courte étude statistique sur la représentativité de la méthode lors de quelques cinétiques respiratoires.

Méthodes.

Cette étude a été réalisée :

- 1°) au Bassin de chasse d'Ostende (Spuikom) où les populations zooplanctoniques et phytoplanctoniques sont moins diversifiées et plus nombreuses qu'en mer.
- 2°) En Mer du Nord, au point M01 (variation du nombre d'individus dans 10 sous-échantillons provenant d'un même échantillon) et au point M16 (variation dans les dosages d'O₂ de 10 sous-échantillons placés dans les mêmes conditions).

La quantité d'O₂ présent est mesurée par la méthode de WINKLER.

La respiration du zooplancton - principe de la méthode.

Par filtration, le plancton est séparé en différentes classes de taille et concentré (par exemple, 50 fois). Le facteur de concentration (C) est donc dans ce cas de 50.

La disparition de l'O₂ est suivie pendant quelques heures dans des bouteilles de 268 cc.

La consommation d'O₂ par le zooplancton est calculée par différence dans un jeu de bouteilles contenant :

- soit 1°) zooplancton $> 50 \mu$ concentré } facteur de concentration
phytoplancton $> 50 \mu$ concentré } (C) connu
- (phytoplancton $< 50 \mu$ + bactéries) à concentration naturelle.

- soit 2°) (phytoplancton total + bactéries) à concentration naturelle.

- soit 3°) (phytoplancton $< 50 \mu$ + bactéries) à concentration naturelle.

a) $2 - 3 =$ consommation d' O_2 par le phytoplancton $> 50 \mu$ à concentration naturelle. Donc, $(2-3) \times C$ donne la consommation du phytoplancton $> 50 \mu$ concentré.

b) $1 - 3 =$ consommation d' O_2 par (phytoplancton + zooplancton) $> 50 \mu$ et concentré.

et $(1-3) - (2-3) \times C =$ consommation d' O_2 par le zooplancton $> 50 \mu$ et concentré.

RESULTATS

I. Au Spuikom le 15.5.74.

Le phytoplancton est composé uniquement de nannoplancton ($< 50 \mu$). Le zooplancton est séparé du phytoplancton par simple filtration sur un filet à mailles de 50μ . Il a été concentré 50 fois par cette méthode ($C=50$), tandis que le phytoplancton et les bactéries restaient à la concentration naturelle.

1 a) Mesure de la quantité d' O_2 au temps t_0 pour dix sous-échantillons :

(phytoplancton + bactéries) à concentration naturelle	zooplancton concentré 50 fois + (phytoplancton + bactéries) à concentration naturelle
$0,281.10^{-3}$ môle d' O_2 /l.	$0,283.10^{-3}$ môle d' O_2 /l.
0,300	0,283
0,300	0,281
0,300	0,279
0,300	0,279
0,297	0,276
0,297	0,276
0,297	0,276
0,295	0,269
0,295	0,259

moyenne : $0,296.10^{-3}$ môle d'O ₂ /l.	moyenne : $0,276.10^{-3}$ môle d'O ₂ /l.
limites de l'intervalle de confiance avec un coefficient de 95% de sécurité :	limites de l'intervalle de confiance avec un coefficient de 95% de sécurité :
$m = 0,296.10^{-3}$ môle d'O ₂ /l.	$m = 0,276.10^{-3}$ môle d'O ₂ /l.
$\pm 0,00406.10^{-3}$ môle d'O ₂ /l.	$\pm 0,00519.10^{-3}$ môle d'O ₂ /l.
c.à.d. $\pm 1,37\%$.	c.à.d. $\pm 1,88\%$.

b) Mesure de la quantité d'O₂ au temps $t_0 + 6h$. pour dix sous-échantillons :

(phytoplancton + bactéries) à concentration naturelle	zooplancton concentré 50 fois + (phytoplancton + bactéries) à concentration naturelle
$0,276.10^{-3}$ môle d'O ₂ /l.	$0,229.10^{-3}$ môle d'O ₂ /l.
0,276	0,249
0,276	0,237
0,276	0,240
0,271	0,244
0,271	0,233
0,278	0,236
0,269	0,253
0,293	0,243
0,285	
moyenne : $0,277.10^{-3}$ môle d'O ₂ /l.	moyenne : $0,240.10^{-3}$ môle d'O ₂ /l.
limites de l'intervalle de confiance avec un coefficient de 95% de sécurité :	limites de l'intervalle de confiance avec un coefficient de 95% de sécurité :
$m = 0,277.10^{-3}$ môle d'O ₂ /l.	$m = 0,240.10^{-3}$ môle d'O ₂ /l.
$\pm 0,0051.10^{-3}$ môle d'O ₂ /l.	$\pm 0,0051.10^{-3}$ môle d'O ₂ /l.
c.à.d. $\pm 1,84\%$.	c.à.d. $\pm 2,15\%$.

2) Cinétique de la respiration.

(phytoplancton + bactéries) à concentration naturelle	zooplancton concentré 50 fois + (phytoplancton + bactéries) à concentration naturelle
t_0 $m = 0,296 \cdot 10^{-3}$ môle d' O_2 /l.	t_0 $m = 0,276 \cdot 10^{-3}$ môle d' O_2 /l.
$t_0 + 1h.$ $\left. \begin{array}{l} 0,281 \\ 0,290 \end{array} \right\} m = 0,2855$	$t_0 + 1h.$ $\left. \begin{array}{l} 0,259 \\ 0,252 \end{array} \right\} m = 0,2555$
$t_0 + 2h.$ $\left. \begin{array}{l} 0,281 \\ 0,274 \end{array} \right\} m = 0,2775$	$t_0 + 2h.$ $\left. \begin{array}{l} 0,204^* \\ 0,250 \end{array} \right\} m = 0,227$
$t_0 + 3h.$ $\left. \begin{array}{l} 0,276 \\ 0,271 \end{array} \right\} m = 0,2735$	$t_0 + 3h.$ $\left. \begin{array}{l} 0,243 \\ 0,240 \end{array} \right\} m = 0,2415$
$t_0 + 6h.$ $m = 0,277$	$t_0 + 6h.$ $m = 0,240$

3) Courbes de diminution de la quantité d' O_2 (voir graphique p.suivante)Légende

1 : bouteilles avec zooplancton concentré 50 fois + (phytoplancton + bactéries) à concentration naturelle.

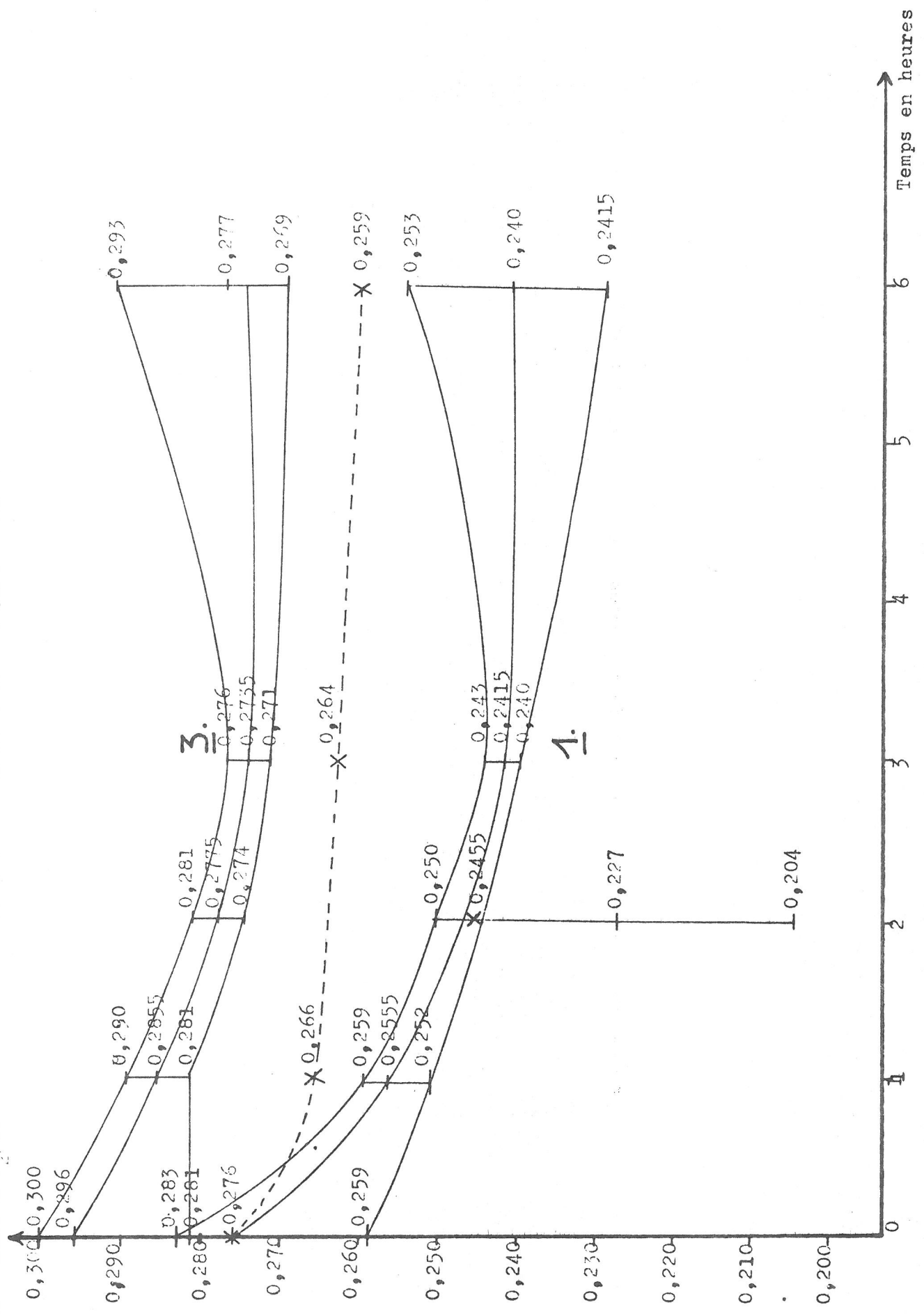
2 : bouteilles avec (phytoplancton + bactéries) à concentration naturelle.

X ----- X : diminution d' O_2 due à la respiration du zooplancton concentré 50 fois.

* Ce résultat est probablement dû à une erreur de manipulation.
Nous n'en avons donc pas tenu compte dans le tracé de notre courbe.

Courbes de diminution d'oxygène dans :

10^{-3} môle d' O_2 /l.



4) Liste du zooplancton présent dans une bouteille de 268 cc.

	Nombre	Poids frais en $\mu g.$	
		min.	max.
Nauplii de Copépodes	7625	11437	48800
Copépodites d'Eurytemora	46	294	920
Harpacticides	85	544	1700
Larves de Cirripèdes	150	960	3000
Larves de Crépidules	122		732
Larves de Lamellibranches	163		407
Larves de Polychètes	697	4182	7876
Rotifères	1577		315
TOTAL :		18871	63750

soit, par litre : poids sec : min. 14515 $\mu g.$
max. 49038 $\mu g.$

poids en C: min. 5803 $\mu g.$
max. 19615 $\mu g.$

5) Respiration du zooplancton.

- pendant la première heure : $0,010 \cdot 10^{-3}$ môle d' O_2 /l., c.à.d. entre
 $0,689 \cdot 10^{-9}$ môle d' O_2 / $\mu g.$ de poids sec de zooplancton et
 $0,204 \cdot 10^{-9}$ môle d' O_2 / $\mu g.$ de poids sec de zooplancton.

- pendant 6 heures : $0,017 \cdot 10^{-3}$ môle d' O_2 /l. c.à.d. entre
 $1,17 \cdot 10^{-9}$ môle d' O_2 / $\mu g.$ de poids sec de zooplancton et
 $0,34 \cdot 10^{-9}$ môle d' O_2 / $\mu g.$ de poids sec de zooplancton.

- respiration moyenne horaire comprise entre :
 $0,19 \cdot 10^{-9}$ et $0,056 \cdot 10^{-9}$ môle d' O_2 / $\mu g.$ de poids sec de zooplancton,
soit entre 6,08 et 1,792 $\mu g.$ d' O_2 /mg. de poids sec de zooplancton.

Comme la concentration du zooplancton est connue ($C = 50$), nous
pouvons également exprimer la respiration du zooplancton par volume
d'eau de mer. Elle est comprise entre 1765 $\mu g.$ d' O_2 /m³/h. et
520 $\mu g.$ d' O_2 /m³/h.

Soit, pour tout le Spuikom et par jour, entre 54,640 et 16,100 kg. d' O_2 .

II. En Mer du Nord, au point M16, le 30.5.74.1 a) Mesure de la quantité d'O₂ au temps t₀ pour dix sous-échantillons :

(phytoplancton < 300 μ + bactéries) à concentration naturelle	zooplancton > 300 μ concentré + phytoplancton > 300 μ concentré + (phytoplancton < 300 μ + bactéries) à concentration naturelle
0,263.10 ⁻³ môle d'O ₂ /l.	0,243.10 ⁻³ môle d'O ₂ /l.
0,266	0,243
0,266	0,231
0,266	0,243
0,269	0,243
0,266	0,240
0,269	0,246
0,266	0,240
0,269	0,240
0,269	0,243
moyenne : 0,2669.10 ⁻³ môle d'O ₂ /l.	moyenne : 0,2412.10 ⁻³ môle d'O ₂ /l.
limites de l'intervalle de confiance avec un coefficient de 95% de sécurité :	limites de l'intervalle de confiance avec un coefficient de 95% de sécurité :
m = 0,2669.10 ⁻³ môle d'O ₂ /l. ± 0,00153.10 ⁻³ môle d'O ₂ /l.	m = 0,2412.10 ⁻³ môle d'O ₂ /l. ± 0,00305.10 ⁻³ môle d'O ₂ /l.
c.à.d. ± 0,57%.	c.à.d. ± 1,26%.

b) Mesure de la quantité d'O₂ au temps t₀ + 9 heures pour dix sous-échantillons :

(phytoplancton < 300 μ + bactéries) à concentration naturelle	zooplancton > 300 μ concentré + phytoplancton > 300 μ concentré + (phytoplancton < 300 μ + bactéries) à concentration naturelle
0,257.10 ⁻³ môle d'O ₂ /l.	0,168.10 ⁻³ môle d'O ₂ /l.
0,260	0,141
0,263	0,150
0,263	0,110
0,252	0,133
0,252	0,150
0,252	0,130
0,252	0,168
0,255	0,110
0,252	0,115

moyenne : $0,255 \cdot 10^{-3}$ môle d'O₂/l.

limites de l'intervalle de confiance avec un coefficient de 95% de sécurité

$m = 0,255 \cdot 10^{-3}$ môle d'O₂/l.
 $\pm 0,00351 \cdot 10^{-3}$ môle d'O₂/l.

c.à.d. $\pm 1,37\%$.

moyenne : $0,1375 \cdot 10^{-3}$ môle d'O₂/l.

limites de l'intervalle de confiance avec un coefficient de 95% de sécurité :

$m = 0,1375 \cdot 10^{-3}$ môle d'O₂/l.
 $\pm 0,01643 \cdot 10^{-3}$ môle d'O₂/l.

c.à.d. $\pm 11,94\%$.

2) Cinétique de la respiration.

(phytoplancton $< 300 \mu$ +
bactéries) à concentration
naturelle

t_0 $m = 0,2669 \cdot 10^{-3}$ môle d'O₂/l.

$t_0 + 1h.$ $\left. \begin{array}{l} 0,267 \\ 0,269 \end{array} \right\} m = 0,268$

$t_0 + 3h.$ $\left. \begin{array}{l} 0,266 \\ 0,266 \end{array} \right\} m = 0,266$

$t_0 + 6h.$ $\left. \begin{array}{l} 0,257 \\ 0,260 \end{array} \right\} m = 0,2585$

$t_0 + 9h.$ $m = 0,255$

zooplancton $> 300 \mu$ concentré
+ phytoplancton $> 300 \mu$ concentré
+ (phytoplancton $< 300 \mu$ +
bactéries) à concentration naturelle

t_0 $m = 0,2412 \cdot 10^{-3}$ môle d'O₂/l.

$t_0 + 1h.$ $\left. \begin{array}{l} 0,2215 \\ 0,2245 \end{array} \right\} m = 0,223$

$t_0 + 3h.$ $\left. \begin{array}{l} 0,203 \\ 0,208 \end{array} \right\} m = 0,2055$

$t_0 + 6h.$ $\left. \begin{array}{l} 0,147 \\ 0,170 \end{array} \right\} m = 0,1585$

$t_0 + 9h.$ $m = 0,1375$

(phytoplancton total + bactéries) à concentration naturelle*

t_0 $m = 0,293$

$t_0 + 9h.$ $m = 0,2547$.

3) Courbes de diminution de la quantité d'O₂ (voir graphique p.suivante)

Légende

1 : bouteilles avec (zooplancton $> 300 \mu$ + phytoplancton $> 300 \mu$) concentré + (phytoplancton $< 300 \mu$ + bactéries) à concentration naturelle.

2 : bouteilles avec (phytoplancton total + bactéries) à concentration naturelle.

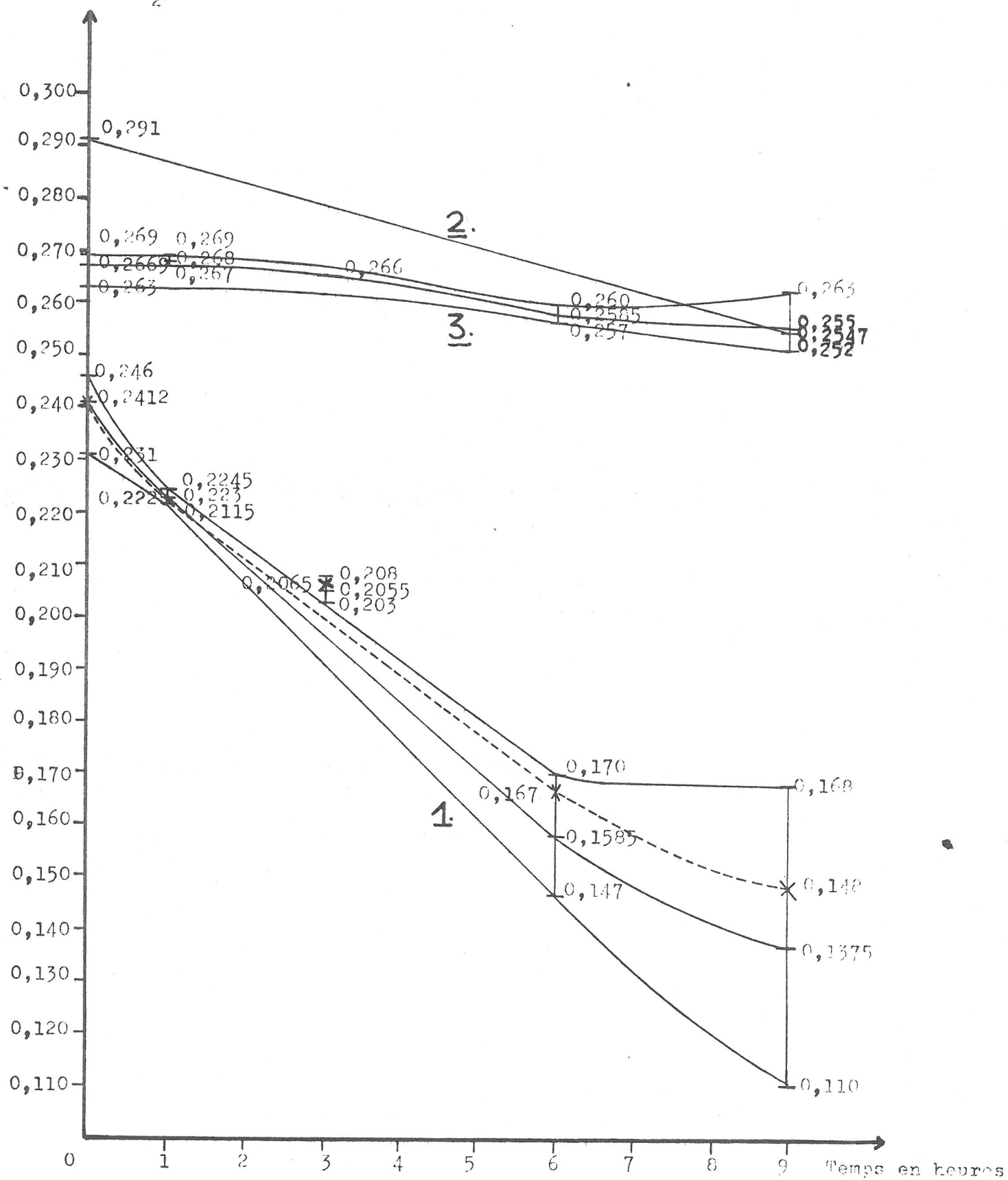
3 : bouteilles avec (phytoplancton $< 300 \mu$ + bactéries) à concentration naturelle.

X ----- X : diminution de la quantité d'O₂ due à la respiration du zooplancton concentré.

* Communication personnelle : JOIRIS et VANTHOMME (V.U.B.).

Courbes de diminution de la quantité
d'oxygène dans :

10^{-3} môle d' O_2 /l.



4) Liste du zooplancton présent par litre d'échantillon.

	Nombre	Poids sec en μ g.
Copépodes	2873	25512
Podon	1268	11919
Evadne	485	4559
Oïkopleura	783	13546
Oeufs de poissons	37	8926
Noctiluques	29400	79440
TOTAL		143903

5) Respiration du zooplancton $> 300 \mu$:

10,6 μ mls d' O_2 /h. pour 143,903 mg. de zooplancton concentré/l.
soit 0,000074 μ mls d' O_2 /h./ μ g. de poids sec de zooplancton concentré.

N.B. Il a été impossible de calculer le volume d'eau filtrée par le grand filet et par conséquent le coefficient C de concentration, de sorte que nous ne pouvons calculer la respiration du zooplancton par unité de volume d'eau de mer.

6) Respiration du phytoplancton $> 300 \mu$:

Une étude statistique, dont le détail fera l'objet d'un "technical report" ultérieur, a montré que la méthode de WINFLER n'est pas suffisamment sensible pour distinguer la respiration du (phytoplancton total + bactéries) à concentration naturelle, de la respiration du (phytoplancton $< 300 \mu$ + bactéries) à concentration naturelle.

Nous conviendrons, pour la présentation des résultats ultérieurs, de prendre comme valeur du témoin la moyenne entre ces deux mesures (moyenne de 2° et de 3°); voir pages 1 et 2).

III. En Mer du Nord, au point M01, le 27.5.74.

Nous avons profité de cette étude pour essayer de connaître l'erreur commise sur la répartition du zooplancton de dix sous-échantillons provenant d'un même prélèvement.

Le zooplancton a été récolté à l'aide d'un filet de mailles de 300 μ tiré à -2 mètres sous la surface pendant 10 minutes, puis dilué dans un seau de 10 litres duquel on a pris dix sous-échantillons de 268 cc.

Résultats des comptages

Térébellidés	101	107	104	95	139	142	87	118	130	110
Spionidés	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0
Copépodes	121	81	95	90	89	108	102	93	98	107
Zoé	0	2	1	2	1	0	1	2	0	0
Décapodes	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Oïkopleura	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Oeufs de poissons	1	0	0	0	0	0	0	0	2	0
Noctiluques	653	419	475	779	766	761	687	768	753	771

N.B. Nous avons compté les noctiluques sur aliquot de 1/100; pour les autres espèces, sur aliquot de 1/10.

Etude statistique

	Téréb.	Spion.	Copép.	Zoé	Décap.	Oïkopl.	Oeufs poiss.	Noctil.
Moyenne	113,3	0,3	98,4	0,9	0,1	0,1	0,3	683,2
Variance	243,96	1,0131	119,24	0,83	0,09	0,09	0,5376	15593,36
Ecart-type	49,4	1,007	10,9	0,93	0,3	0,3	0,733	124,87
Erreur stand.	16,5	0,336	3,6	0,31	0,1	0,1	0,244	41,62
Intervalle de confiance avec coef. de 95% de sécurité	113,3 +37,3 + 33%	0,3 + 0,76 +230%	98,4 +8,1 + 8%	0,9 +0,7 +73,8%	0,1 +0,23 +226%	0,1 +0,23 +226%	0,3 +0,51 +172%	683,2 +94,06 + 14%

CONCLUSIONS

- 1°) La reproductibilité de la méthode de mesure de la respiration du zooplancton est très bonne : L'erreur commise varie entre 0,57 et 11,94% de la moyenne (durée maximum d'expérience = 9 heures).
- 2°) Le zooplancton concentré 50 fois nous donne une bonne indication de la respiration du zooplancton au Spuikom (au mois de mai).
- 3°) La respiration du zooplancton à concentration naturelle est négligeable comparée au reste :
 La respiration des (bactéries + phytoplancton) à concentration naturelle au Spuikom est en effet de $0,003 \cdot 10^{-3}$ môle d' O_2 /l./h.*
 Soit 96000 μ g. d' O_2 /m³/h.
 Elle est donc entre 54,4 et 184,6 fois plus grande que la respiration du zooplancton à concentration naturelle.
- 4°) Les comptages du zooplancton de 10 sous-échantillons nous montrent que la variabilité des résultats de ces comptages est considérable, sauf pour les Copépodes et les Noctiluques, c'est-à-dire pour les 2 groupes les mieux représentés dans les échantillons considérés.
 Comme les Copépodes sont les animaux les plus constants, les plus actifs et parmi les plus abondants tout le long de l'année, il paraît raisonnable à l'avenir de baser sur eux les différents calculs (calculs du coefficient de concentration C, etc...).

* Communication personnelle : JOIRIS et VANTHOMME (V.U.B.).

C.I.P.S.

TECHNICAL REPORT

1974/BIOL. 01

MATHEMATICAL MODEL
OF THE POLLUTION IN THE NORTH SEA

This paper not to be cited without prior reference to the author

Observations sur la reproductibilité des mesures
de respiration du zooplancton au Bassin de chasse
d'Ostende (Spuikom) et en mer

et variabilité dans le comptage de 10 sous-
échantillons de zooplancton

D. Heyden et R. MOERMANS
Laboratoire de Biologie Marine (U.L.g.)

M. Bossicart
Laboratorium voor Ekologie en Systematiek (V.U.B.)

ERRATUM

P.-6

5) Respiration du zooplancton

- pendant la première heure ...
- pendant 6 heures ...
- respiration moyenne horaire ...

Comme la concentration du zooplancton est connue ($C=50$), nous pouvons également exprimer la respiration du zooplancton par volume d'eau de mer. Elle est comprise entre $5963 \mu\text{g d'O}_2/\text{m}^3/\text{h}$.

Soit, pour tout le Spuikom et par jour, entre 185,614 et 16,100 kg d'O₂.

P.-12

Conclusions

3) La respiration du zooplancton à concentration naturelle est négligeable comparée au reste.

La respiration des (bactéries + phytoplancton) à concentration naturelle au Spuikom est en effet de $0,003.10^{-3}$ môle d'O₂/l.h. soit 96 mg O₂/m³h.

Elle est donc entre 16 et 184 fois plus grande que la respiration du zooplancton à concentration naturelle.